LAT-PIV を用いた浸透破壊現象の微視的計測

八戸工業大学	学生会員	○外崎歩
八戸工業大学	正会員	金子賢治
八戸工業大学	フェロー	熊谷浩二

1. はじめに

地盤工学分野では、地盤は連続体として取り扱われ ているが、実際には砂や礫などの不規則で複雑な形状 の粒子の集合体である、液状化や土砂流動、ボイリン グ、浸透破壊などの現象を的確に理解するには粒子と 流体の相互作用を詳細に観察・検討しなければならな い、しかし、観察法が限定され、粒子挙動と流体速度 などを同時に計測するのは非常に難しい。本研究では LAT-PIV 法¹⁾を用いた計測システムを確立し、これを 用いてボイリングに伴う矢板の浸透破壊現象における 粒子と流体の挙動を同時に観察・計測することを試み る。粒子ー流体系の粒子部分には粒状体の可視化実験 手法の一つである LAT (Laser Aided Tomography)を 用い、間隙流体部分には流体力学の分野で多く用いら れる PIV (Particle Image Velocimetry) を用いて計測 する.

2. LAT-PIV 計測手法

図-1 に LAT-PIV 計測のシステムの概略を示す. LAT と PIV を用いた計測手法は、粒状体内部を可視 化することを目的として開発された LAT と、流体力 学の分野でよく用いられる可視化手法 PIV を併用する 子を用いて粒子集合体を作るが、PIV を併用して計測 を行うため間隙をガラス粒子と同じ屈折率を持つ流体 で満たして実験を行う. ガラス粒子の屈折率と等しい 間隙流体は2種類のシリコンオイル(信越シリコーン, HIVAC-F-4 および KF-56) を重量比約2:5 で混合し て作成する。自然可視光のもとでは、ガラス粒子は目 視により確認できないが、シート状にしたレーザー光 を可視光として試験体に透過させると,ガラス粒子輪 郭が浮かび上がる、シート状のレーザー光の方向を変 えることにより、任意断面における粒子の配置状態を 把握することができる.

一方, PIV では流体中にトレーサ粒子と呼ばれる極 小の粒子を無数に混入する。流体にレーザー光を通す

と、シート状に存在するトレーサ粒子が光ってパター ンを形成する。このパターンの変動を計測することで 流体の速度場を求めることができる。本研究では緑色 のレーザー光を用いるためトレーサ粒子は緑色のレー ザーシート上で赤く発光する蛍光トレーサー粒子を使 用した。本研究では通常の PIV 計測で用いるトレー サをローダミン 6G を用いて赤色に着色した. 試験体 に照射するレーザーシートは、レーザー発振器(出力 250mW, 波長 532nm)の線上の光 (緑色) をシリンド リカルレンズに通すことにより生成する. 可視化画像 記憶装置には、ハイスピードカメラ Phantom (ビジョ ンリサーチ社製)を用いた.

3. 矢板の浸透破壊実験

(1) 実験の概要

矢板の浸透破壊実験に用いた計測システムの概要を 図−1 に示す。レーザーを通過させる面および矢板を光 学ガラスで作成し、その他の方向はアクリル板を用い た、また、水頭差を記録するため土槽背面に目盛りを 設置し、それをハイスピードカメラと同期させてデジ タルビデオカメラで撮影した.本研究における実験は、 図−1 で示した試験体を用いて3回の実験を行った。 手法である.LAT では光学ガラスを粉砕し、ガラス粒 -2 に、PIV により解析した間隙流体の流速の分布の例 を示す、上部中央付近に矢板が固定されており、矢板 上流部を (A), 矢板直下を (B), 矢板下流部を (C) と して粒子運動と流体運動の比較を試みた。土槽背面に 設置したバルブからポンプにより吸引・循環させるこ



図-1 LAT-PIV 計測システムの概略

キーワード 浸透破壊, LAT, PIV

連絡先 〒 031-8501 青森県八戸市妙字大開 88-1

表-1 ケースごとの粒径の比率



図-2 解析による間隙流体の速度分布の例



図-3 ケース1の流速と水頭差のグラフ

とで矢板左右の水頭差を生じさせた.間隙流体に空気 が混入するとレーザー光が反射し計測が困難になるた め、ポンプを始動させる際は水槽内に空気が入らない ように注意する必要がある.ここでの実験においては、 レーザーの出力は 250mW とし、ハイスピードカメラ は 1/1000 f/s で撮影した.

(2) 流体運動の解析結果

図-3にケース1の各位置の平均流速と時間の関係を 上下流の水位差と合わせて示す.同図より,水位差が 徐々に増え1.1秒後にBとCの流速が急激に速くなり, その0.5秒後にAの流速も変化を見せた.また,その 直後に水位差は低下しているにも関わらず流速は大き い値を保ち続けている.この事から,この時に浸透破 壊が生じた事がわかる.



図-4 ケース1のガラス粒子の挙動

図-5 ケース1の粒子の速度

(3) 粒子運動の解析結果

図-4はLAT解析により算出したケース1の粒子運動の計測例を示した.同図では,計測開始時間と終了時間の粒子は粒子輪郭を示しており,その間の時間は粒子重心の位置を表している.なお,粒子が回転してレーザーシート上に現れる粒子輪郭が変化している.浸透破壊が生じた1.6秒後にA,B粒子がともに動きはじめ,その後2.1~3.1秒の間にA粒子は水平方向に,B粒子は鉛直方向上向きに大きく運動していることがわかる.図-5は粒子重心の速度を示したものであるが,はじめにC粒子の速度が速くなり,その後1.6秒以降にA,B粒子の速度が急激に速くなっていることがわかる.

4. まとめ

本研究では、LAT-PIV 計測手法を用いて矢板の浸 透破壊現象の微視的計測を試みた.流速運動の解析結 果では浸透破壊現象の前後の流速と水頭差の関係が読 み取れる結果がでた.また、ここで示した LAT-PIV 解析システムを液状化現象などその他の粒子-流体系 の力学挙動の微視的計測に適用したい.

参考文献

 (1) 竿本英貴,松島亘志,山田恭央:LAT-PIV 可視化実験 手法の開発と粒子-流体系への応用,応用力学論文集, Vol. 8, 2005.